

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2022年8月4日(04.08.2022)

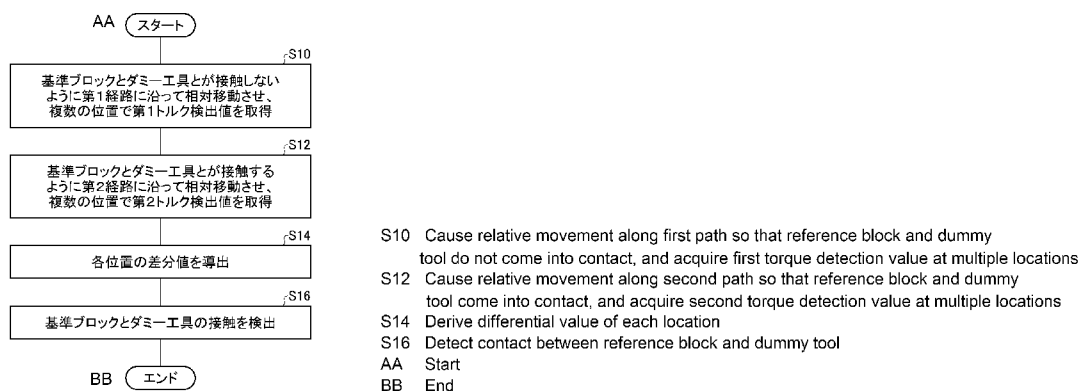


(10) 国際公開番号
WO 2022/162927 A1

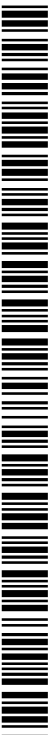
- (51) 国際特許分類:
B23Q 17/22 (2006.01) *B23Q 17/00* (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2021/003461
- (22) 国際出願日: 2021年2月1日(01.02.2021)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (71) 出願人: 国立大学法人東海国立大学機構 (NATIONAL UNIVERSITY CORPORATION TOKAI NATIONAL HIGHER EDUCATION AND RESEARCH SYSTEM) [JP/JP]; 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町1番 Aichi (JP).
- (72) 発明者: 社本 英二 (SHAMOTO Eiji); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人東海国立大学機構内 Aichi (JP). 早坂 健宏 (HAYASAKA Takehiro); 〒4648601 愛知県名古屋市千種区不老町1番 国立大学法人東海国立大学機構内 Aichi (JP).
- (74) 代理人: 森下 賢樹 (MORISHITA Sakaki); 〒1500021 東京都渋谷区恵比寿西2-11-12 Tokyo (JP).
- (81) 指定国(表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国(表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ,

(54) Title: POSITIONAL RELATIONSHIP MEASURING DEVICE, CONTACT DETECTION METHOD, AND PROCESSING DEVICE

(54) 発明の名称: 位置関係測定方法、接触検出方法および加工装置



(57) Abstract: In the present invention, a control device: causes a dummy tool to move relative to a reference block so that the reference block and the dummy tool come into contact (S20); and acquires a first coordinate value of a reference point when the reference block and the dummy tool come into contact (S22). The control device: rotates a main shaft 180 degrees around a center axis (S24), and then causes the dummy tool to move relative to the reference block so that the reference block and the dummy tool come into contact (S26); and acquires a second coordinate value of the reference point when the reference block and the dummy tool come into contact (S28). The control device derives the relative positional relationship between the center axis and the reference block from the first coordinate value and the second coordinate value.



WO 2022/162927 A1

DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT,
LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS,
SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM,
GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類：

一 国際調査報告（条約第21条(3)）

(57) 要約：制御装置は、基準ブロックに対してダミー工具を相対的に移動させて、基準ブロックとダミー工具とを接触させ（S 20）、基準ブロックとダミー工具とが接触したときの基準点の第1座標値を取得する（S 22）。制御装置は、主軸を軸心回りに180度回転した後（S 24）、基準ブロックに対してダミー工具を相対的に移動させて、基準ブロックとダミー工具とを接触させ（S 26）、基準ブロックとダミー工具とが接触したときの基準点の第2座標値を取得する（S 28）。制御装置は、第1座標値および第2座標値から、軸心と基準ブロックとの相対的な位置関係を導出する。

明 細 書

発明の名称：位置関係測定方法、接触検出方法および加工装置
技術分野

[0001] 本開示は、加工装置による切削を高精度に実現するための技術に関する。

背景技術

[0002] 従来、加工装置における原点設定の手法として、切削工具の刃先位置を測定器で測定し、刃先位置を調整することが行われている。また別の手法として、切削工具で一度被削材を加工し、加工後の被削材の形状を測定器で測定して、測定結果から刃先位置を補正することも行われている。これらは、いずれも測定器を利用した原点設定手法である。

[0003] 特許文献1は、接触前に取得された駆動モータに関する検出値の第1時系列データと、接触後に取得された駆動モータに関する検出値の第2時系列データから、切削工具と被削材との接触位置を特定する技術を開示する。切削工具と被削材との接触は、第2時系列データを回帰分析して求めた回帰式により特定される。

先行技術文献

特許文献

[0004] 特許文献1：国際公開第2020/174585号

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0005] 加工装置において高精度な加工を実現するためには、加工開始前に、回転主軸の軸心または軸端と、たとえば被削材を固定するテーブルないしはテーブル上に設けられた対象物との相対的な位置関係を正確に測定しておく必要がある。また位置関係を正確に測定するためには、回転主軸に取り付けられた道具と、テーブルないしはテーブル上に設けられた対象物との接触を高精度に検出する機能を実現する必要がある。

[0006] 本開示はこうした状況に鑑みてなされており、その目的とするところの1

つは、加工装置による切削を高精度に実現するための技術を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0007] 上記課題を解決するために、本開示のある態様の位置関係測定方法は、主軸の軸心と物体との相対的な位置関係を測定する方法であって、物体に対して、主軸に取り付けられた道具を相対的に移動させて、物体と道具を接触させる移動ステップと、物体と道具とが接触したときの基準点の座標値を取得する座標値取得ステップと、取得した座標値から、軸心と物体との相対的な位置関係を導出する測定ステップと、を含む。移動ステップは、主軸の異なる角度位置で物体と道具を接触させ、座標値取得ステップは、主軸の異なる角度位置で物体と道具とが接触したときの基準点の座標値を取得し、測定ステップは、取得した複数の座標値から、軸心と物体との相対的な位置関係を導出する。

[0008] 本開示の別の態様の加工装置は、道具が取り付けられた主軸を回転させる回転機構と、物体に対して道具を相対的に移動させる送り機構と、回転機構による主軸の回転および送り機構による道具の相対移動を制御する制御装置と、を備える。制御装置は、主軸の異なる角度位置で物体と道具を接触させて、物体と道具とが接触したときの基準点の座標値を取得し、取得した複数の座標値から、軸心と物体との相対的な位置関係を導出する。

[0009] 本開示のさらに別の態様の接触検出方法は、主軸に取り付けられた道具と、物体との接触を検出する方法であって、物体と道具とが接触しないように、物体または道具の一方を第1経路に沿って移動させて、第1経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第1検出値を取得する第1取得ステップと、物体または道具の一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させて物体と道具とを接触させ、第2経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第2検出値を取得する第2取得ステップと、第1経路および第2経路において互いに対応する各位置で取得された第1検出値と第2検出値の差分値を導出するステップと、複数

の位置に関して導出された差分値の変化にもとづいて、道具と物体との接触を検出するステップと、を有する。

[0010] 本開示のさらに別の態様の加工装置は、物体に対して道具を相対的に移動させる送り機構と、送り機構による道具の相対移動を制御する制御装置と、を備えた加工装置であって、制御装置は、物体と道具とが接触しないように、物体または道具の一方を第1経路に沿って移動させて、第1経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第1検出値を取得し、物体または道具の一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させて物体と道具とを接触させ、第2経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第2検出値を取得し、第1経路および第2経路において互いに対応する各位置で取得された第1検出値と第2検出値の差分値を導出し、複数の位置に関して導出された差分値の変化にもとづいて、道具と物体との接触を検出する。

[0011] なお、以上の構成要素の任意の組合せ、本開示の表現を方法、装置、システム、記録媒体、コンピュータプログラムなどの間で変換したものもまた、本開示の態様として有効である。

図面の簡単な説明

- [0012] [図1]加工装置の概略構成を示す図である。
- [図2]ダミー工具の先端形状を示す図である。
- [図3]制御装置の機能ブロックを示す図である。
- [図4]ダミー工具と基準ブロックの接触を検出するフローチャートの例を示す図である。
- [図5]S 1 0のステップを説明するための図である。
- [図6]S 1 2のステップを説明するための図である。
- [図7]第2トルク波形から第1トルク波形を減算した差分波形を示す図である。
- 。
- [図8]ダミー工具をホルダに取り付けた状態を示す図である。
- [図9]主軸の軸心と基準ブロックとの相対的な位置関係を測定するフローチャ

ートの例を示す図である。

[図10] (a) は第1接触工程の様子を示す図であり、(b) は第2接触工程の様子を示す図である。

[図11] (a) は第1接触工程の様子を示す図であり、(b) は第2接触工程の様子を示す図である。

[図12] 回転工具の根元部を基準面に接触させている様子を示す図である。

発明を実施するための形態

[0013] 図1は、実施形態の加工装置1の概略構成を示す。加工装置1は、工作機械装置10および制御装置100を備える。制御装置100は、NC (numerical control) プログラムにしたがって工作機械装置10を制御するNC制御装置であってよく、工作機械装置10は、NC制御装置によって制御されるNC工作機械であってよい。加工装置1において、工作機械装置10および制御装置100は別体として構成され、ケーブル等により接続されているが、一体として構成されてもよい。

[0014] 工作機械装置10は、本体部であるベッド部12およびコラム部14を備える。ベッド部12上には、第1テーブル16および第2テーブル18が移動可能に支持される。第1テーブル16は、ベッド部12に形成されたレール部によりY軸方向に移動可能に支持され、第2テーブル18は、第1テーブル16に形成されたレール部によりX軸方向に移動可能に支持される。第2テーブル18の上にはワークピース設置面が設けられ、加工対象である被削材62が、ワークピース設置面に固定される。

[0015] Y軸モータ22はボールねじ機構を回転することで、第1テーブル16をY軸方向に移動し、X軸モータ20はボールねじ機構を回転することで、第2テーブル18をX軸方向に移動する。Y軸センサ32は、第1テーブル16のY軸方向の位置を検出し、X軸センサ30は、第2テーブル18のX軸方向の位置を検出する。

[0016] 第2テーブル18の上方には、切削工具50が取り付けられる主軸46が設けられる。主軸モータ40は主軸46を回転させる回転機構を構成し、主

軸センサ42は主軸46の角度位置を検出する。主軸46の角度位置は、主軸46が回転する方向の角度位置であり、所定の原点からの回転角度位置として検出される。なお回転機構は、複数のギアから構成される減速機構を含んでよい。主軸46および主軸モータ40は主軸支持部44に固定される。実施形態において、主軸46にはホルダ48が固定され、ホルダ48には、切削工具50であるエンドミル工具が取り付けられる。工作機械装置10において、ホルダ48は自動工具交換装置に対応して、加工内容に合わせて切削工具50を自動交換できることが好ましい。

[0017] 主軸支持部44は、その背面側でコラム部14に形成されたレール部によりZ軸方向に移動可能に支持される。Z軸モータ24はボールねじ機構を回転することで、主軸46をZ軸方向に移動する。Z軸センサ34は、主軸46のZ方向の位置を検出する。

[0018] 第1傾斜モータ52はギヤ機構を回転することで、主軸支持部44を主軸46の軸心およびY軸に垂直な軸線回りに傾斜させる。傾斜センサ56は、第1傾斜モータ52による主軸46の傾斜角度を検出する。第2傾斜モータ54はギヤ機構を回転することで、主軸支持部44をY軸に平行な軸線回りに傾斜させる。傾斜センサ56とは別の傾斜センサ（図示せず）が、第2傾斜モータ54による主軸46の傾斜角度を検出する。

[0019] 制御装置100は、NCプログラムにしたがってX軸モータ20、Y軸モータ22、Z軸モータ24、第1傾斜モータ52、第2傾斜モータ54および主軸モータ40を駆動制御する。制御装置100は、X軸センサ30、Y軸センサ32、Z軸センサ34、傾斜センサおよび主軸センサ42から、それぞれで検出された検出値を取得し、各モータの駆動制御に反映する。

[0020] 図1に示す工作機械装置10では、被削材62がX軸モータ20およびY軸モータ22によってそれぞれX軸方向およびY軸方向に動かされ、切削工具50がZ軸モータ24によってZ軸方向に動かされるが、これらの移動は、切削工具50と被削材62との間で相対的であればよい。つまり工作機械装置10において、切削工具50がX軸方向およびY軸方向に動かされ、被

削材 62 が Z 軸方向に動かされてもよい。また工作機械装置 10 では、切削工具 50 が第 1 傾斜モータ 52 および第 2 傾斜モータ 54 によって被削材 62 に対して傾斜させられるが、これらの傾斜モータは、ベッド部 12 側に設けられてもよい。

[0021] このように切削工具 50 と被削材 62 は、いずれが動かされるかは重要ではなく、各移動方向および各回転方向において相対的に動作できればよく、以下、切削工具 50 と被削材 62 の相対的な移動を実現するための機構を総称して「送り機構」と呼ぶ。制御装置 100 は、回転機構による主軸 46 の回転および送り機構による切削工具 50 の相対移動を制御する。

[0022] 実施形態の制御装置 100 は、位置決め用に高精度に加工された既知形状をもつ物体を利用して、主軸 46 の軸心または軸端と当該物体との相対的な位置関係を測定する機能をもつ。実施形態において既知形状をもつ物体はワーク設置面に設けられ、以後、当該物体を「基準ブロック 60」と呼ぶ。制御装置 100 は、基準ブロック 60 に、ホルダ 48 に取り付けられた既知形状をもつ道具を接触させて、回転軸心と基準ブロック 60 との相対的な位置関係を測定する。そのため制御装置 100 は、基準ブロック 60 が配置されている位置および基準ブロック 60 の形状を把握していることが好ましい。なお既知形状をもつ物体は基準ブロック 60 に限らず、たとえば第 1 テーブル 16 または第 2 テーブル 18 の側面または上面であってよく、また第 1 テーブル 16 または第 2 テーブル 18 に設置されている治具であってもよい。

[0023] 実施形態では、基準ブロック 60 に接触させる道具として、切削能力をもたない工具、すなわち切れ刃をもたないダミー工具を使用する。制御装置 100 は、ホルダ 48 に取り付けられたダミー工具を基準ブロック 60 の基準面に接触させて、主軸 46 の軸心または軸端と基準ブロック 60 との相対的な位置関係を測定する。

[0024] 図 2 は、ダミー工具の先端形状を示す。ダミー工具 70 は、中心 c を有する球部 72 と、球部 72 に連結する円柱部 74 を有する。球部 72 は、球形状を有する球状部品であり、下端側を構成する半球状のボール部と、ボール

部に接続する小径部を有する。球部72の中心cは、ダミー工具70の中心軸上に位置する。小径部は、工具軸線に垂直な方向に円形断面を有し、円形断面の半径は、ボール部の半径rよりも小さい。図2に示す球部72の小径部は、半径rの半球の頂部側を、軸線に垂直な面で除去した形状をもち、切り欠いた頂部側の面に円柱部74が連結している。

[0025] 図3は、制御装置100の機能ブロックを示す。制御装置100は、主軸制御部110、移動制御部112、接触検出部114および位置関係測定部116を備える。主軸制御部110は、回転機構による主軸46の回転を制御し、移動制御部112は、送り機構によるダミー工具70と基準ブロック60との相対移動を制御する。

[0026] 図3において、さまざまな処理を行う機能ブロックとして記載される各要素は、ハードウェア的には、回路ブロック、メモリ、その他のLSIで構成することができ、ソフトウェア的には、メモリにロードされたプログラムなどによって実現される。したがって、これらの機能ブロックがハードウェアのみ、ソフトウェアのみ、またはそれらの組合せによっていろいろな形で実現できることは当業者には理解される所であり、いずれかに限定されるものではない。

[0027] 接触検出部114は、ダミー工具70と基準ブロック60との接触を検出する。接触検出部114は、ダミー工具70が基準ブロック60に接触したことを検出する接触センサを有してよい。接触センサは、たとえば接触時に加わる力を検知する力センサや、ダミー工具70と基準ブロック60とが接触したときの導通を検出するセンサであってよい。

[0028] なお実施形態の加工装置1は、ダミー工具70が基準ブロック60に接触したときに変化する加工装置1の内部情報を分析して、ダミー工具70と基準ブロック60との接触を検出する機能を搭載してよい。たとえば内部情報として、送り機構に含まれるモータの制御に関する検出値（たとえば電流測定値、電流指令値、位置偏差、トルク指令値、トルク推定値など）を利用することで、接触検出のための新たな部品を追加せずに済む。加工装置1が内

部情報を利用した接触検出機能を搭載した場合、接触を検出するためのセンサは不要となるが、検出精度を高める目的でセンサが設けられてもよい。

[0029] 以下、制御装置100が、加工装置1の内部情報を分析して、ダミー工具70と基準ブロック60との接触を検出する手法を示す。実施形態の制御装置100は、送り機構のモータを駆動制御して、ダミー工具70と基準ブロック60との相対的な移動を実現する。加工装置1がトルク推定機能を搭載している場合、ダミー工具70と基準ブロック60とが接触すると、接触により発生する負荷のために、モータトルクの推定値が急激に上昇する。そこで制御装置100は、ダミー工具70と基準ブロック60とが互いに接近して接触したときのモータトルク波形にもとづいて、ダミー工具70と基準ブロック60との接触を検出してよい。

[0030] なお送り機構は、ボールねじ機構などの機械要素から構成されるため、必然的に機械的抵抗を有する。このため送り機構のモータのトルク波形は、機械的抵抗の影響を受けて、小振幅の変動成分を含むことになる。この変動成分は、ねじ軸やベアリングの角度位置（回転角度位置）、リニアガイドの並進位置、さらにボールねじ、ベアリング、リニアガイド内の転動体の公転位置、自転位置に依存する周期的成分および非周期的成分を含む。これらの要素の機械的抵抗による変動は、基本的に、各ガイド面と各転動体の形状誤差に起因し、したがって送り機構の位置に依存する。そこで、トルク検出値の変化を用いてダミー工具70と基準ブロック60との接触を検出する際には、取得したモータトルク波形から、各送り位置において、機械的抵抗にもとづくトルク変動成分を取り除くことが好ましい。

[0031] 図4は、ダミー工具70と基準ブロック60の接触を検出するフローチャートの例を示す。まず移動制御部112が、基準ブロック60とダミー工具70とが接触しないように、基準ブロック60またはダミー工具70の一方を第1経路に沿って移動させ、接触検出部114が、第1経路における複数の送り位置で、送り機構に含まれるモータの第1トルク検出値を取得する（S10）。

[0032] 図5は、S10のステップを説明するための図である。以下の例で、基準ブロック60は、既知の直方体形状を有し、立設される基準面と、頂部を構成する上面を少なくとも有する。説明の便宜上、図5には、基準ブロック60が固定されて、ダミー工具70が基準ブロック60に接近する様子が示されるが、ダミー工具70が固定されて、基準ブロック60がダミー工具70に接近する方向に移動してもよい。なお図1に示す加工装置1の概略構成では、X軸モータ20が第2テーブル18をX軸方向に移動し、X軸センサ30が第2テーブル18のX軸方向の位置を検出しているが、以下の実施例では、X軸モータ20が主軸46をX軸方向に移動し、X軸センサ30が主軸46のX軸方向の位置を検出するものとして説明する。

[0033] 移動制御部112は、ダミー工具70をX軸方向に動かすことを前提として、第1経路における球部72の中心cの初期位置(x_0 、 y_0 、 z_0)を、以下のように設定する。

x_0 : 基準面が配置されている座標値 x_1 からX軸負方向に離れた座標値

y_0 : y軸上の基準面の幅位置に重なる座標値

z_0 : 基準ブロック上面から球部72の半径r高い位置よりも上の座標値

つまり z_0 は、

$z_0 > (\text{基準ブロック上面の高さ}) + (\text{球部72の半径} r)$

と表現される。

[0034] 移動制御部112は、第1経路の終了位置(x_2 、 y_0 、 z_0)を、z軸方向から見て、球部72の一部または全部が基準ブロック60の上面に重なる位置に設定する。この例では、

$x_2 > x_1 - (\text{球部72の半径} r)$

であればよい。

[0035] 移動制御部112は、X軸センサ30、Y軸センサ32、Z軸センサ34の検出値にもとづいて、球部72の中心cを初期位置(x_0 、 y_0 、 z_0)に配置し、所定の速度でダミー工具70を第1経路の終了位置(x_2 、 y_0 、 z_0)まで移動させる。第1経路を移動中、球部中心cの高さが z_0 に維持されるた

め、球部72は基準面に接触することなく、上面の上方を通過する。

[0036] 接触検出部114は、第1経路における複数の送り位置で、送り機構に含まれるX軸モータ20の第1トルク検出値を取得する。図5において、第1トルク波形80は、ダミー工具70が第1経路を移動中に、所定のサンプリング周期で、x座標値に対応付けて取得したX軸モータ20の第1トルク検出値を示す。x座標値は、X軸センサ30の検出値から導出される。上記したように、送り機構に含まれるボールねじ、それを支持するベアリング、リニアガイド機構、カップリング等は機械的抵抗を有しているため、第1トルク波形80は、機械的抵抗にもとづく小振幅の変動成分を含む。接触検出部114は、球部中心cの座標値と第1トルク検出値とを対応付けて記録部（図示せず）に記録する。

[0037] 次に、図4を参照して、移動制御部112が、基準ブロック60とダミー工具70とが接触するように、基準ブロック60またはダミー工具70の一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させ、接触検出部114が、第2経路における複数の送り位置で、送り機構に含まれるモータの第2トルク検出値を取得する（S12）。

[0038] 図6は、S12のステップを説明するための図である。S10のステップ終了後、移動制御部112は、S12のステップを開始するために、ダミー工具70の球部72の中心cを、第2経路の初期位置（ x_0 、 y_0 、 z_1 ）まで移動する。ここでS10のステップにおける第1経路の初期位置（ x_0 、 y_0 、 z_0 ）と比べると、第2経路の初期位置は、z座標値が変位している。第2経路の初期位置において、 z_1 は、以下のように設定される。

z_1 ：基準ブロック上面から球部72の半径r低い位置よりも下の座標値
つまり z_1 は、

$z_1 < (\text{基準ブロック上面の高さ}) - (\text{球部72の半径} r)$

と表現される。

[0039] 移動制御部112は、第2経路の終了位置を、第1経路の終了位置（ x_2 、 y_0 、 z_0 ）からZ軸方向に変位した位置（ x_2 、 y_0 、 z_1 ）に設定してよい。

なおS10のステップと異なり、S12のステップでは、基準ブロック60とダミー工具70とが接触するため、接触後に移動を継続するようトルク制御を行うことは好ましくないこともある。そこで移動制御部112は、第2経路の終了位置を、座標値(x_3 、 y_0 、 z_1)に設定してもよい。ここで、

$$x_3 > x_1 - (\text{球部72の半径 } r)$$

であり、

$$x_2 > x_3$$

である。

[0040] 移動制御部112は、X軸センサ30、Y軸センサ32、Z軸センサ34の検出値にもとづいて、球部72の中心cを初期位置(x_0 、 y_0 、 z_1)に配置し、S10のステップにおける移動速度と同一の速度でダミー工具70を第2経路の終了位置まで移動させる。第2経路においては、球部中心cの高さが z_1 に維持されるため、球部72が基準面に接触する。

[0041] なお移動制御部112は、第2経路の終了位置の手前で、ダミー工具70の移動を強制的に終了してもよい。たとえばモータトルク値に移動終了のための閾値を設定し、移動制御部112は、モータトルク値が閾値を超えた瞬間に送り機構を強制停止して、第2経路における相対移動を終了してもよい。

[0042] 接触検出部114は、第2経路における複数の送り位置で、送り機構に含まれるX軸モータ20の第2トルク検出値を取得する。図6において、第2トルク波形82は、ダミー工具70が第2経路を移動中に、所定のサンプリング周期で、x座標値に対応付けて取得したX軸モータ20の第2トルク検出値を示す。x座標値は、X軸センサ30の検出値から導出される。接触検出部114は、球部中心cの座標値と第2トルク検出値とを対応付けて記録部(図示せず)に記録する。

[0043] 図6に示すように、ダミー工具70は、基準ブロック60に接触した後、それ以上移動できないが、ダミー工具70などの弾性変形により、X軸センサ30は、球部中心cが移動していることを示す検出値を出力する。このと

き接触点の負荷が増大することで、モータトルクは急激に上昇する。そのため、モータトルクが急激に上昇し始める x 座標値を特定することで、接触したときの球部中心 c の x 座標値を導出できるが、図6に示すように第2トルク波形82には、機械的抵抗にもとづく変動成分が含まれているため、第2トルク波形82から正確な接触タイミングおよび正確な接触位置を特定することは難しい。

[0044] そこで接触検出部114は、S10のステップで取得した第1トルク波形80を利用して、S12のステップで取得した第2トルク波形82から、機械的抵抗による変動成分を取り除く処理を行う。

[0045] 接触検出部114は、第1経路および第2経路において互いに対応する各送り位置で取得された第1検出値と第2検出値の差分値を導出する(S14)。ここで互いに対応する送り位置とは、送り機構の作動状態が同期する位置であり、具体的には、 x 座標値が同じ位置である。そこで接触検出部114は、記録部(図示せず)において同じ x 座標値に対応付けられている第2トルク検出値と第1トルク検出値とを読み出し、差分値を導出する。

[0046] 図7は、第2トルク波形82から第1トルク波形80を減算した差分波形84を示す。差分波形84は、複数の x 座標値に関して導出された差分値をつないで構成される。接触前、第1経路および第2経路において送り機構の作動状態は同じであるため、機械的抵抗による変動成分を含んだトルク波形は一致し、差分波形84は実質的に0の値を示す。一方、第2経路において基準ブロック60とダミー工具70とが接触した後の x 位置では、接触負荷の発生により、差分値が0から変化する。このため接触検出部114は、差分波形84における差分値の変化にもとづいて、ダミー工具70と基準ブロック60の接触を検出できる(S16)。

[0047] たとえば接触検出部114は、差分値が所定の閾値を超えたタイミングで、ダミー工具70と基準ブロック60の接触を検出してよい。差分波形84においては、機械的抵抗に起因する振幅成分が除去されているため、接触によるモータトルクの上昇が高精度に再現されている、したがって接触検出部

- 114は、ダミー工具70と基準ブロック60とが接触したときの球部中心cのx座標値を正確に導出することが可能となる。
- [0048] なお接触検出部114は、特許文献1に開示された手法を利用して、ダミー工具70と基準ブロック60の接触を検出することも可能である。具体的に接触検出部114は、接触前の複数の差分値の平均値と、接触後の複数の差分値を回帰分析して求めた回帰式をもとに、接触を検出するとともに、接触位置を特定してよい。
- [0049] 上記の例では、S10のステップを、S12のステップの前に実施したが、実施順は入れ替えてもよい。またS10のステップを複数回実施して、平均処理した第1トルク波形80を利用してもよい。また実施形態では、加工装置1に搭載されたトルク推定機能により推定されたトルク検出値を、送り機構に含まれるモータの制御に関する検出値として利用したが、トルク推定機能を有しない加工装置1においては、モータの電流測定値等のモータの制御に関する検出値を用いて、接触検出を行ってよい。
- [0050] 上記の例では、ダミー工具70と基準ブロック60を主軸46の回転軸心に垂直な方向に相対移動させて接触を検知することで、回転軸心と基準ブロック60との相対的位置関係を同定した。別の例では、ダミー工具70と基準ブロック60を主軸46の回転軸心に平行な方向に相対移動させて、基準ブロック60の上面とダミー工具70（突出し長さが既知とする）の接触を検知することで、主軸46の軸端と基準ブロック60との相対的位置関係を同定してもよい。
- [0051] 以上のように接触検出部114は、ダミー工具70と基準ブロック60の接触を検出して、接触位置を特定することができる。なお接触検出部114は、接触センサを有し、接触センサによるセンシングデータから接触を検出して、接触したときの座標値を取得してもよい。以下、接触検出部114が高精度な接触検出機能を有することを前提に、位置関係測定部116が、主軸46の軸心と、基準ブロック60との相対的な位置関係を測定する手法を説明する。この手法では、ダミー工具70が主軸46に偏心して取り付けら

れている場合に、当該偏心の影響を取り除いて相対的な位置関係を同定する。

[0052] 図8は、ダミー工具70をホルダ48に取り付けた状態を示す。理想的な取付状態では、主軸46の軸心とダミー工具70の中心軸線とが一致するが、実際の取付状態では、各 부품の形状誤差や固定位置、変形等により、主軸46の軸心とダミー工具70の中心軸線は一致しないことが多い。図8に示す取付状態では、球部72の中心cが、主軸46の軸心から偏心している。以下、球部中心cが主軸46の軸心から偏心している場合であっても、主軸46の軸心と基準ブロック60との相対的な位置関係を正確に測定する手法を示す。

[0053] 図9は、主軸46の軸心と基準ブロック60との相対的な位置関係を測定するフローチャートの例を示す。この測定手法の例では、主軸46の角度位置を変えて、2回の接触工程が実施される。主軸46の角度位置は、主軸センサ42により所定の原点からの回転角度位置として検出されてよい。

<第1接触工程>

まず移動制御部112が、基準ブロック60に対してダミー工具70を相対的に移動させて、基準ブロック60とダミー工具70を接触させる(S20)。接触検出部114は、基準ブロック60とダミー工具70とが接触したときの基準点の第1座標値を取得する(S22)。実施形態において基準点は球部72の中心cであるが、ダミー工具70における別の位置を基準点としてもよい。

[0054] <第2接触工程>

続いて主軸制御部110が、第1接触工程における主軸46の角度位置から、主軸46を軸心回りに180度回転する(S24)。それから移動制御部112が、基準ブロック60に対してダミー工具70を相対的に移動させて、基準ブロック60とダミー工具70を接触させる(S26)。接触検出部114は、基準ブロック60とダミー工具70とが接触したときの基準点の第2座標値を取得する(S28)。

[0055] 第1接触工程および第2接触工程の終了後、位置関係測定部116は、第1座標値および第2座標値から、主軸46の軸心と基準ブロック60との相対的な位置関係を導出する(S30)。以下、具体例をもとに、実施形態の測定手法を説明する。

[0056] <軸心と基準面との相対的位置関係>

図10(a)は、第1接触工程の様子を示す。第1接触工程において、移動制御部112は、基準ブロック60の基準面に対してダミー工具70を相対的にX軸方向に移動させて、ダミー工具70の球部72を基準ブロック60の基準面に接触させる。接触検出部114は、球部中心cの第1座標値(x_4 、 y_4 、 z_4)を取得する。ここで球部中心cのx座標値として取得される位置 x_4 は、X軸センサ30により検出された主軸46のx位置であり、接触検出部114は、主軸46のx位置と球部中心cのx位置とが等しいこと(偏心がないこと)を前提として、球部中心cのx位置を求める。そのため球部中心cが主軸軸心からX軸方向に偏心していると、球部中心cの取得された位置 x_4 は、実際のx位置から偏心量だけずれている。

[0057] 図10(b)は、第2接触工程の様子を示す。第2接触工程において、主軸制御部110が、第1接触工程における主軸46の角度位置から、主軸46を軸心回りに180度回転した後、移動制御部112は、基準ブロック60の基準面に対してダミー工具70を相対的にX軸方向に移動させて、ダミー工具70の球部72を基準ブロック60の基準面に接触させる。第2接触工程における球部中心cの移動経路は、第1接触工程における球部中心cの移動経路と同じである。接触検出部114は、球部中心cの第2座標値(x_5 、 y_4 、 z_4)を取得する。上記したように球部中心cのx座標値として取得される位置 x_5 は、実際には、X軸センサ30により検出された主軸46のx位置である。

[0058] 位置関係測定部116は、第1座標値と第2座標値の間の座標値と、基準面との相対的な位置関係を導出する。具体的に位置関係測定部116は、第1座標値と第2座標値の中点の座標値と、基準面との相対的な位置関係を導

出する。中点の座標値は、以下のように求められる。

中点の座標値 ($(x_4 + x_5) / 2, y_4, z_4$)

位置関係測定部 116 は、 x 座標値 $(x_4 + x_5) / 2$ を、基準面に対する主軸 46 の軸心の x 位置として同定してよい。このように第 2 接触工程において、主軸 46 を 180 度回転させることで、球部 72 の偏心の影響を取り除いて、主軸 46 の軸心と基準ブロック 60 との相対的な位置関係を正確に同定できる。なお上記例では、中点の座標値を求めたが、位置関係測定部 116 は、少なくとも移動方向 (X 軸方向) における 2 つの座標値の中央位置を導出すればよい。

[0059] 以上の例では、移動制御部 112 が 2 回の接触工程を実施し、位置関係測定部 116 が、2 回の接触時における球部中心 c の座標値から、軸心と基準ブロック 60 との相対的な位置関係を導出した。別の例では、移動制御部 112 が、3 回以上の接触工程を実施して、位置関係測定部 116 が、3 つ以上の座標値から軸心と基準ブロック 60 との相対的な位置関係を導出してもよい。接触回数を増やすことで、相対的な位置関係を高精度に導出できるようになる。

[0060] 具体的には移動制御部 112 が、主軸 46 の複数の異なる角度位置で、基準ブロック 60 の基準面に対してダミー工具 70 を相対的に X 軸方向に移動させて、ダミー工具 70 の球部 72 を基準ブロック 60 の基準面に接触させる。移動制御部 112 が、球部 72 を基準ブロック 60 に接触させた後、球部 72 を基準ブロック 60 から離し、主軸制御部 110 は、そのときの主軸 46 の角度位置から、主軸 46 を軸心回りに N 度回転して、それから移動制御部 112 が、再び球部 72 を基準ブロック 60 に接触させる。このように今回の接触工程の前に、主軸制御部 110 が、前回の接触工程における主軸 46 の角度位置から、主軸 46 を軸心回りに N 度回転することで、移動制御部 112 が、主軸 46 の複数の異なる角度位置で、球部 72 を基準ブロック 60 に接触させる。移動制御部 112 は、主軸 46 の角度位置を変えながら、少なくとも $(360 / N)$ 回、基準ブロック 60 と球部 72 を接触させて

よい。ここでは $(360/N)$ が整数となるように、回転角度 N が設定される。

[0061] 接触検出部 114 は、主軸 46 の異なる角度位置で球部 72 と基準ブロック 60 の基準面とが接触したときの球部中心 c の座標値を取得する。位置関係測定部 116 は、接触検出部 114 が取得した複数の座標値から、回転軸心と基準ブロック 60 との相対的な位置関係を導出する。なお位置関係測定部 116 は、複数の座標値の平均値と、基準面との相対的な位置関係を導出してよい。

[0062] <軸心と、対向する 2 つの基準面の中心との相対的な位置関係>

この例では、基準ブロック 60 が、第 1 基準面と、第 1 基準面に対向する第 2 基準面とを有する。上記したように基準ブロック 60 は、直方体形状を有しており、第 1 基準面と第 2 基準面とは、互いに平行である。

[0063] 図 11 (a) は、第 1 接触工程の様子を示す。第 1 接触工程において、移動制御部 112 は、基準ブロック 60 の第 1 基準面に対してダミー工具 70 を相対的に X 軸正方向に移動させて、ダミー工具 70 の球部 72 を基準ブロック 60 の第 1 基準面に接触させる。接触検出部 114 は、球部中心 c の第 1 座標値 (x_6 、 y_6 、 z_6) を取得する。ここで球部中心 c の x 座標値として取得される位置 x_6 は、実際には、X 軸センサ 30 により検出された主軸 46 の x 位置である。

[0064] 図 11 (b) は、第 2 接触工程の様子を示す。第 2 接触工程において、主軸制御部 110 が、主軸 46 を軸心回りに 180 度回転した後、移動制御部 112 は、基準ブロック 60 の第 2 基準面に対してダミー工具 70 を相対的に X 軸負方向に移動させて、ダミー工具 70 の球部 72 を基準ブロック 60 に第 2 基準面に接触させる。第 2 接触工程における球部中心 c の移動方向は、第 1 接触工程における球部中心 c の移動方向とは逆向きとなる。接触検出部 114 は、球部中心 c の第 2 座標値 (x_7 、 y_6 、 z_6) を取得する。

[0065] 位置関係測定部 116 は、主軸 46 の軸心と、第 1 基準面と第 2 基準面の間の位置との相対的な位置関係を導出する。具体的に位置関係測定部 116

は、主軸46の軸心と、第1基準面と第2基準面の中心位置との相対的な位置関係を導出する。中心位置のx座標値は、以下のように求められる。

$$\text{中心位置のx座標値} (x_6 + x_7) / 2$$

制御装置100は、x座標値 $(x_6 + x_7) / 2$ を、基準ブロック60のX軸方向の中心位置として同定してよい。このように第2接触工程において、主軸46を180度回転させることで、球部72の偏心の影響を取り除いて、主軸46の軸心と基準ブロック60との相対的な位置関係を正確に同定できる。

[0066] 以上、本開示を実施形態をもとに説明した。この実施形態は例示であり、それらの各構成要素や各処理プロセスの組合せにいろいろな変形例が可能なこと、またそうした変形例も本開示の範囲にあることは当業者に理解されるところである。実施形態では、ダミー工具70を、既知形状をもつ基準ブロック60に接触させたが、被削材62に接触させてもよい。

[0067] 実施形態では、基準ブロック60に接触させる道具として、切削能力をもたないダミー工具70を利用したが、回転工具を利用してもよい。回転工具は、たとえば半球状のボール部を有するボールエンドミルであってよく、ボールエンドミルを使用する場合、図11に関して説明した相対的な位置関係の測定手法を実現できる。

[0068] 回転工具の切れ刃部を接触させる場合、接触したときの角度位置（回転角度位置）を特定することが難しいことから、相対移動する速度に比べて十分に高速に回転または逆回転させながら接触させることが望ましい。正回転する切れ刃部は切削能力を有し、逆回転する切れ刃部は擦過痕を生じさせるため、回転工具が接触する物体は基準ブロック60ではなく、切削してもよい（擦過痕を生じてもよい）対象物、たとえば被削材62であることが好ましい。

[0069] なお回転工具は、切れ刃を形成されていない円筒面または円錐面をもつ根元部を有しており、この根元部を基準ブロック60または被削材62に接触させてもよい。

図12は、回転工具の根元部を基準ブロック60の基準面に接触させている様子を示す。回転工具の根元部を基準面に接触させる場合、根元部は切れ刃部と違って、円筒面または円錐面を有するため、主軸46を回転しなくてよい。このように工具側の接触面が円筒面または円錐面である場合、接触点が鋭利な角部になることを避けるため、基準ブロック60または被削材62側の接触面は、工具が相対移動する方向に緩やかな凸の曲率を有していることが望ましい。

[0070] またボールエンドミルを回転軸方向と平行に移動して軸方向と垂直な上面（基準面）に接触させる場合にも、ボールエンドミルの頂部（頂点位置またはその近傍）が必ず接触することになるため、主軸46を回転させる必要はない。

[0071] 本開示の態様の概要は、次の通りである。本開示のある態様の位置関係測定方法は、主軸の軸心と物体との相対的な位置関係を測定する方法であって、物体に対して、主軸に取り付けられた道具を相対的に移動させて、物体と道具を接触させる移動ステップと、物体と道具とが接触したときの基準点の座標値を取得する座標値取得ステップと、取得した座標値から、軸心と物体との相対的な位置関係を導出する測定ステップと、を含む。移動ステップは、主軸の異なる角度位置で物体と道具を接触させ、座標値取得ステップは、主軸の異なる角度位置で物体と道具とが接触したときの基準点の座標値を取得し、測定ステップは、取得した複数の座標値から、軸心と物体との相対的な位置関係を導出する。

[0072] この態様によると、道具が主軸に偏心して取り付けられていても、偏心の影響を除外して、主軸の軸心と物体との相対的な位置関係を測定することが可能となる。

[0073] 移動ステップは、物体に対して、前記主軸に取り付けられた道具を相対的に移動させて、物体と道具を接触させる第1移動ステップと、第1移動ステップにおける主軸の角度位置から、主軸を軸心回りにN度回転した後、物体に対して道具を相対的に移動させて、物体と道具を接触させる第2移動ステ

ップと、を少なくとも含んでよい。移動ステップは、少なくとも(360/N)回、物体と道具を接触させてよい。回転角度Nは、(360/N)が整数となるように設定される。

[0074] 物体は、1つの基準面を有し、移動ステップは、道具を物体の基準面に接触させ、測定ステップは、複数の座標値の平均値と、基準面との相対的な位置関係を導出してよい。物体は、第1基準面と、第1基準面に対向する第2基準面とを有するものであって、第1移動ステップは、道具を物体の第1基準面に接触させ、第2移動ステップは、道具を物体の第2基準面に接触させ、測定ステップは、軸心と、第1基準面と第2基準面との位置との相対的な位置関係を導出してよい。対向する2つの基準面に道具を接触させて、基準点の座標値をそれぞれ取得することで、軸心と、第1基準面と第2基準面との位置との相対的な位置関係を導出できる。測定ステップは、軸心と、第1基準面と第2基準面の中心位置との相対的な位置関係を導出してよい。

[0075] 道具は球状部品を有し、球状部品が前記物体と接触してよい。また道具はエンドミル等の回転工具であって、円筒面または円錐面をもつ根元部または回転する切れ刃部と物体とが接触してもよい。根元部と物体が接触するとき、根元部は回転していなくてよい。

[0076] 本開示の別の態様の加工装置は、道具が取り付けられた主軸を回転させる回転機構と、物体に対して道具を相対的に移動させる送り機構と、回転機構による主軸の回転および送り機構による道具の相対移動を制御する制御装置と、を備える。制御装置は、主軸の異なる角度位置で物体と道具を接触させて、物体と道具とが接触したときの基準点の座標値を取得し、取得した複数の座標値から、軸心と物体との相対的な位置関係を導出する。

[0077] この態様によると、道具が主軸に偏心して取り付けられていても、偏心の影響を除外して、主軸の軸心と物体との相対的な位置関係を測定することが可能となる。

[0078] 本開示のさらに別の態様の接触検出方法は、主軸に取り付けられた道具と、物体との接触を検出する方法であって、物体と道具とが接触しないように

、物体または道具の一方を第1経路に沿って移動させて、第1経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第1検出値を取得する第1取得ステップと、物体または道具の一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させて物体と道具とを接触させ、第2経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第2検出値を取得する第2取得ステップと、第1経路および第2経路において互いに対応する各位置で取得された第1検出値と第2検出値の差分値を導出するステップと、複数の位置に関して導出された差分値の変化にもとづいて、道具と物体との接触を検出するステップと、を有する。この態様によると、道具と物体との接触を高精度に検出することができる。

[0079] 本開示のさらに別の態様の加工装置は、物体に対して道具を相対的に移動させる送り機構と、送り機構による道具の相対移動を制御する制御装置と、を備え、制御装置は、物体と道具とが接触しないように、物体または道具の一方を第1経路に沿って移動させて、第1経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第1検出値を取得し、物体または道具の一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させて物体と道具とを接触させ、第2経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第2検出値を取得し、第1経路および第2経路において互いに対応する各位置で取得された第1検出値と第2検出値の差分値を導出し、複数の位置に関して導出された差分値の変化にもとづいて、道具と物体との接触を検出する。この態様によると、道具と物体との接触を高精度に検出することができる。

符号の説明

[0080] 1・・・加工装置、20・・・X軸モータ、30・・・X軸センサ、46・・・主軸、48・・・ホルダ、60・・・基準ブロック、70・・・ダミー工具、72・・・球部、74・・・円柱部、80・・・第1トルク波形、82・・・第2トルク波形、84・・・差分波形、100・・・制御装置、110・・・主軸制御部、112・・・移動制御部、114・・・接触検出部

、 1 1 6 . . . 位置関係測定部。

産業上の利用可能性

[0081] 本開示は、加工技術の分野に利用できる。

請求の範囲

- [請求項1] 主軸の軸心と物体との相対的な位置関係を測定する方法であって、
前記物体に対して、前記主軸に取り付けられた道具を相対的に移動させて、前記物体と前記道具を接触させる移動ステップと、
前記物体と前記道具とが接触したときの基準点の座標値を取得する座標値取得ステップと、
取得した座標値から、前記軸心と前記物体との相対的な位置関係を導出する測定ステップと、を含み、
前記移動ステップは、前記主軸の異なる角度位置で前記物体と前記道具を接触させ、
前記座標値取得ステップは、前記主軸の異なる角度位置で前記物体と前記道具とが接触したときの基準点の座標値を取得し、
前記測定ステップは、取得した複数の座標値から、前記軸心と前記物体との相対的な位置関係を導出する、
ことを特徴とする位置関係測定方法。
- [請求項2] 前記移動ステップは、
前記物体に対して、前記主軸に取り付けられた道具を相対的に移動させて、前記物体と前記道具を接触させる第1移動ステップと、
前記第1移動ステップにおける前記主軸の角度位置から、前記主軸を前記軸心回りにN度回転した後、前記物体に対して前記道具を相対的に移動させて、前記物体と前記道具を接触させる第2移動ステップと、を少なくとも含む、
ことを特徴とする請求項1に記載の位置関係測定方法。
- [請求項3] 前記移動ステップは、少なくとも(360/N)回、前記物体と前記道具を接触させる(360/Nは整数)、
ことを特徴とする請求項2に記載の位置関係測定方法。
- [請求項4] 前記物体は、1つの基準面を有し、
前記移動ステップは、前記道具を前記物体の前記基準面に接触させ

、
前記測定ステップは、複数の座標値の平均値と、前記基準面との相対的な位置関係を導出する、

ことを特徴とする請求項 1 から 3 のいずれかに記載の位置関係測定方法。

[請求項5] 前記物体は、第 1 基準面と、前記第 1 基準面に対向する第 2 基準面とを有し、

前記第 1 移動ステップは、前記道具を前記物体の前記第 1 基準面に接触させ、

前記第 2 移動ステップは、前記道具を前記物体の前記第 2 基準面に接触させ、

前記測定ステップは、前記軸心と、前記第 1 基準面と前記第 2 基準面との位置との相対的な位置関係を導出する、

ことを特徴とする請求項 2 または 3 に記載の位置関係測定方法。

[請求項6] 前記測定ステップは、前記軸心と、前記第 1 基準面と前記第 2 基準面の中心位置との相対的な位置関係を導出する、

ことを特徴とする請求項 5 に記載の位置関係測定方法。

[請求項7] 前記道具は球状部品を有し、球状部品が前記物体と接触する、

ことを特徴とする請求項 1 から 6 のいずれかに記載の位置関係測定方法。

[請求項8] 前記道具は回転工具であって、円筒面または円錐面をもつ根元部または回転する切れ刃部と前記物体とが接触する、

ことを特徴とする請求項 5 または 6 に記載の位置関係測定方法。

[請求項9] 道具が取り付けられた主軸を回転させる回転機構と、

物体に対して前記道具を相対的に移動させる送り機構と、

前記回転機構による前記主軸の回転および前記送り機構による前記道具の相対移動を制御する制御装置と、を備えた加工装置であって、

前記制御装置は、

前記主軸の異なる角度位置で前記物体と前記道具を接触させて、前記物体と前記道具とが接触したときの基準点の座標値を取得し、

取得した複数の座標値から、回転軸心と前記物体との相対的な位置関係を導出する、

ことを特徴とする加工装置。

[請求項10] 主軸に取り付けられた道具と、物体との接触を検出する方法であって、

前記物体と前記道具とが接触しないように、前記物体または前記道具の一方を第1経路に沿って移動させて、第1経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第1検出値を取得する第1取得ステップと、

前記物体または前記道具の前記一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させて前記物体と前記道具とを接触させ、第2経路における複数の位置で、前記送り機構に含まれるモータの制御に関する第2検出値を取得する第2取得ステップと、

第1経路および第2経路において互いに対応する各位置で取得された第1検出値と第2検出値の差分値を導出するステップと、

複数の位置に関して導出された差分値の変化にもとづいて、前記道具と物体との接触を検出するステップと、

を有することを特徴とする接触検出方法。

[請求項11] 物体に対して道具を相対的に移動させる送り機構と、

前記送り機構による前記道具の相対移動を制御する制御装置と、を備えた加工装置であって、

前記制御装置は、

前記物体と前記道具とが接触しないように、前記物体または前記道具の一方を第1経路に沿って移動させて、第1経路における複数の位置で、前記送り機構に含まれるモータの制御に関する第1検出値を取得し、

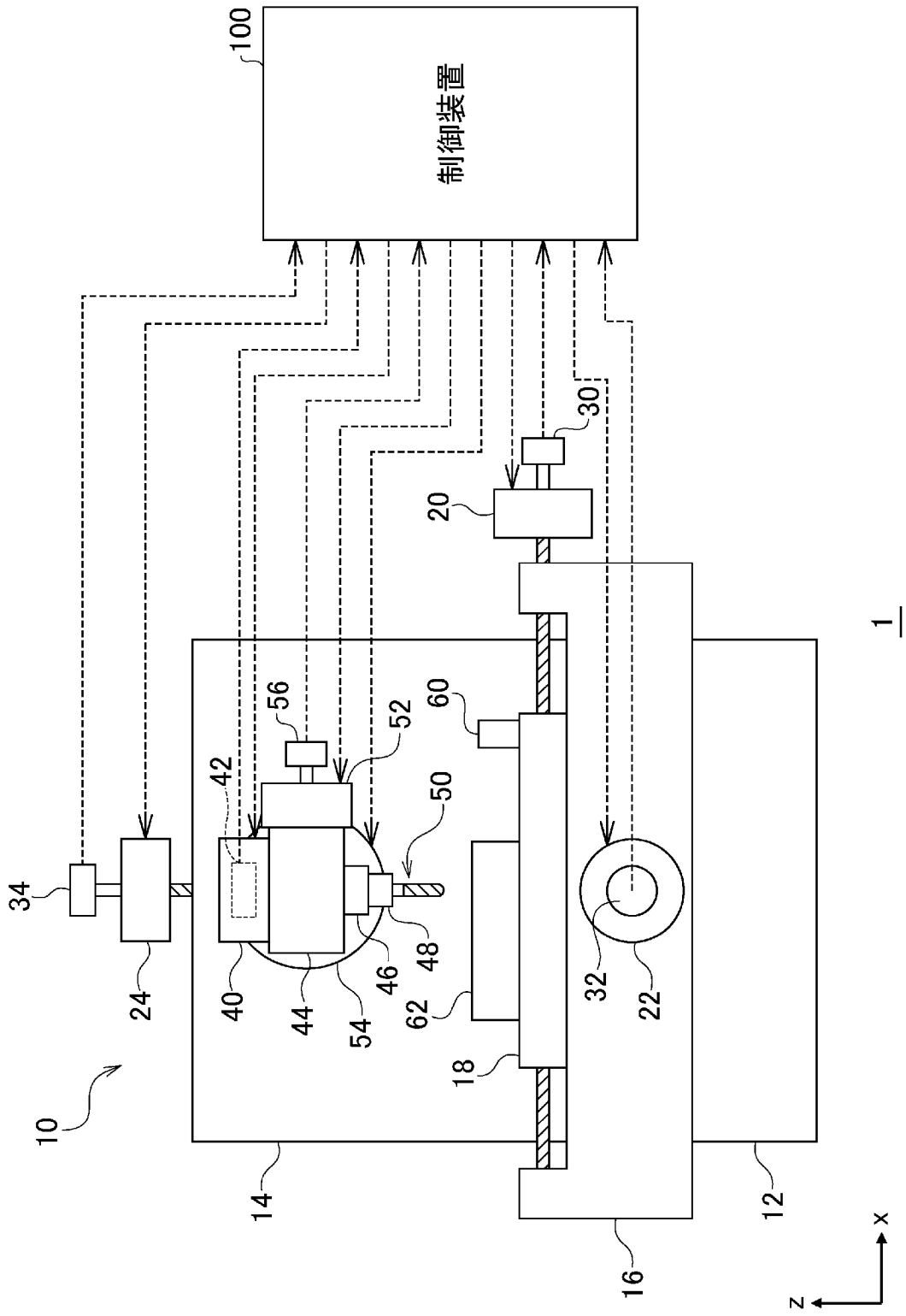
前記物体または前記道具の前記一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させて前記物体と前記道具とを接触させ、第2経路における複数の位置で、前記送り機構に含まれるモータの制御に関する第2検出値を取得し、

第1経路および第2経路において互いに対応する各位置で取得された第1検出値と第2検出値の差分値を導出し、

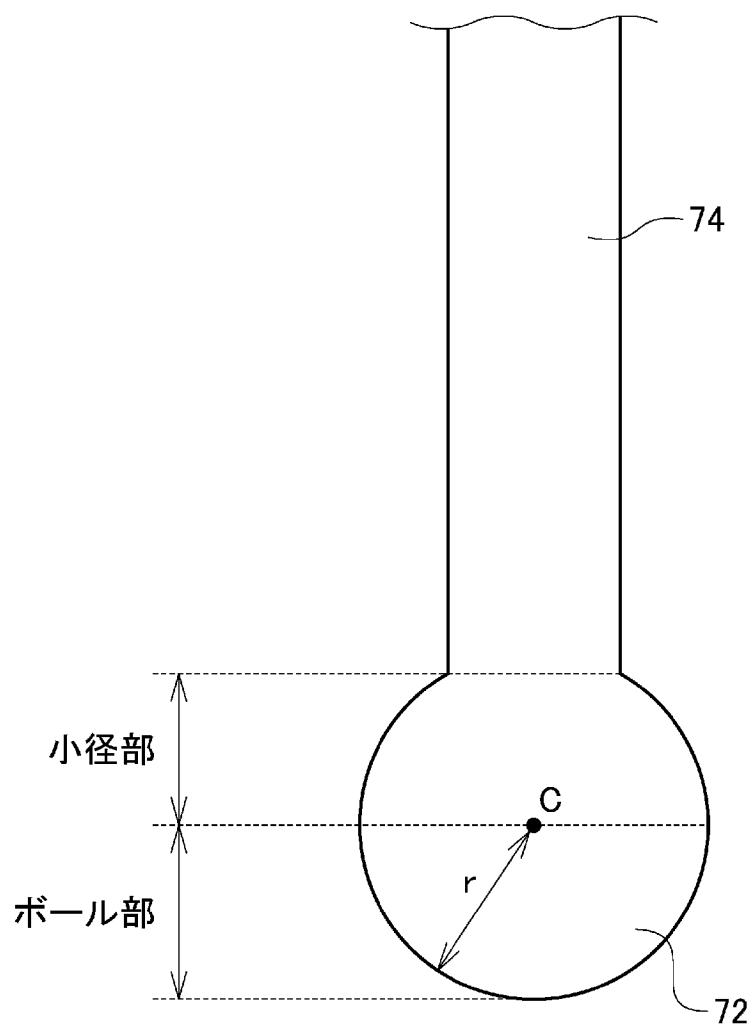
複数の位置に関して導出された差分値の変化にもとづいて、前記道具と物体との接触を検出する、

ことを特徴とする加工装置。

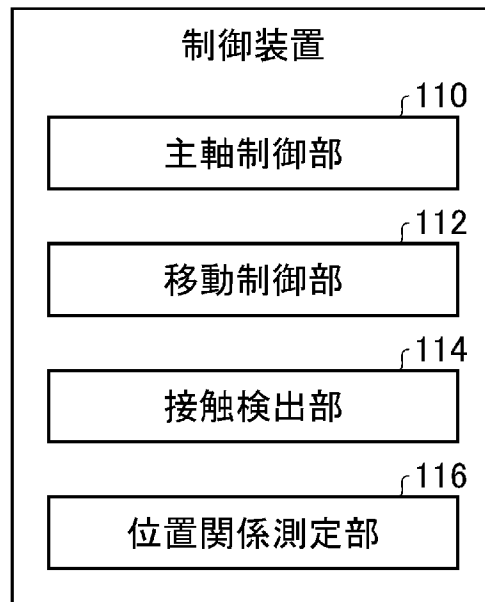
[図1]



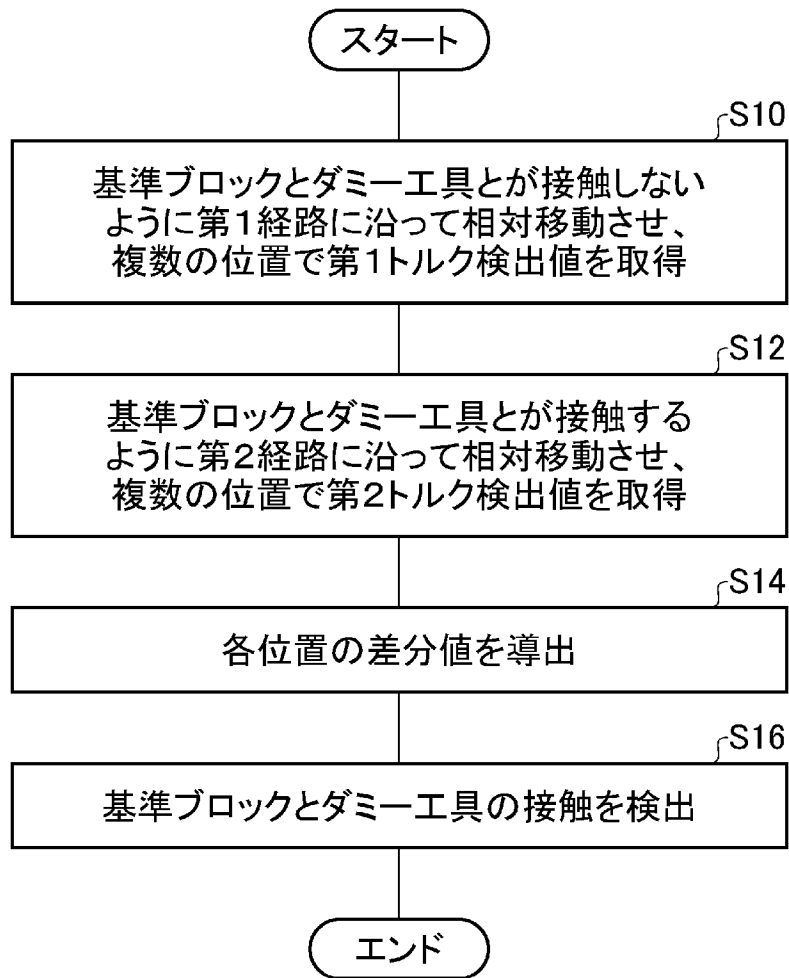
[図2]

70

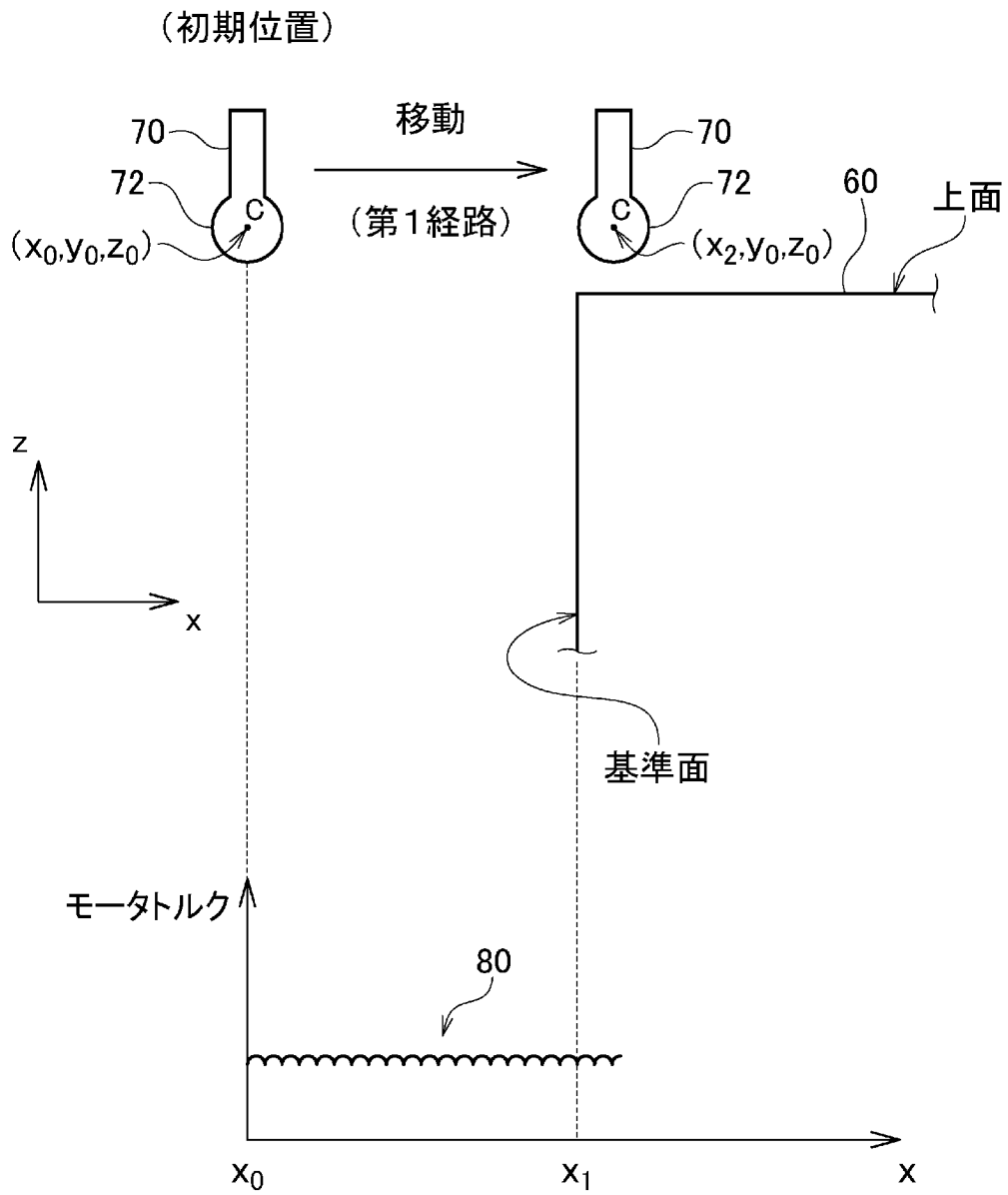
[図3]



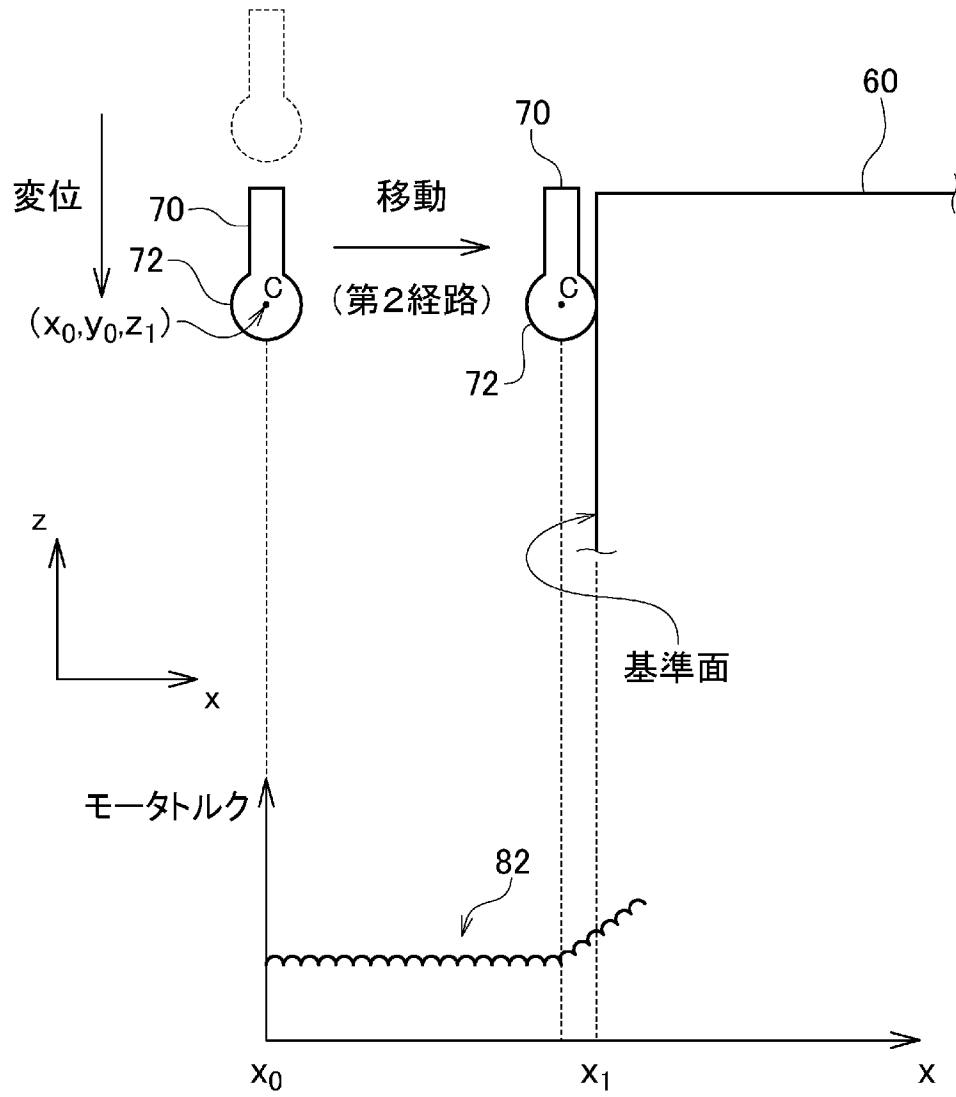
[図4]



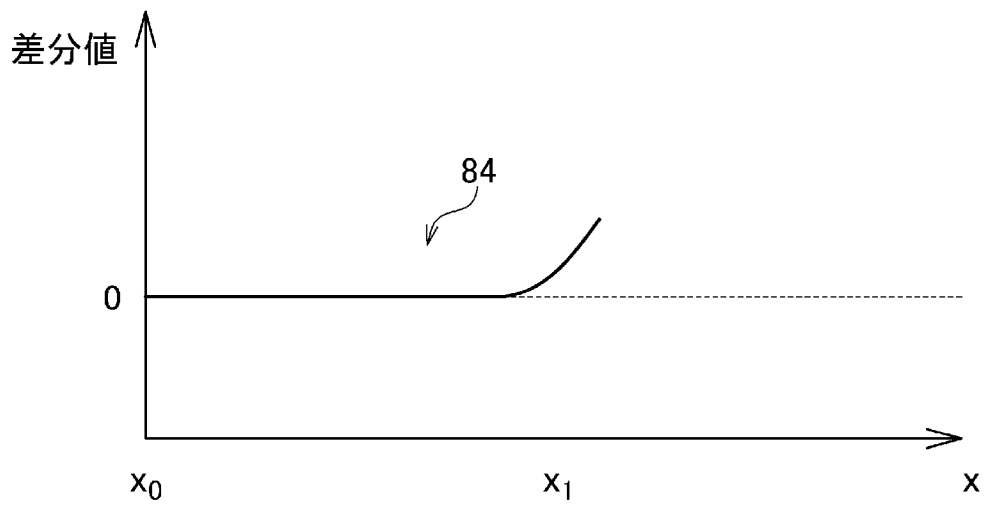
[図5]



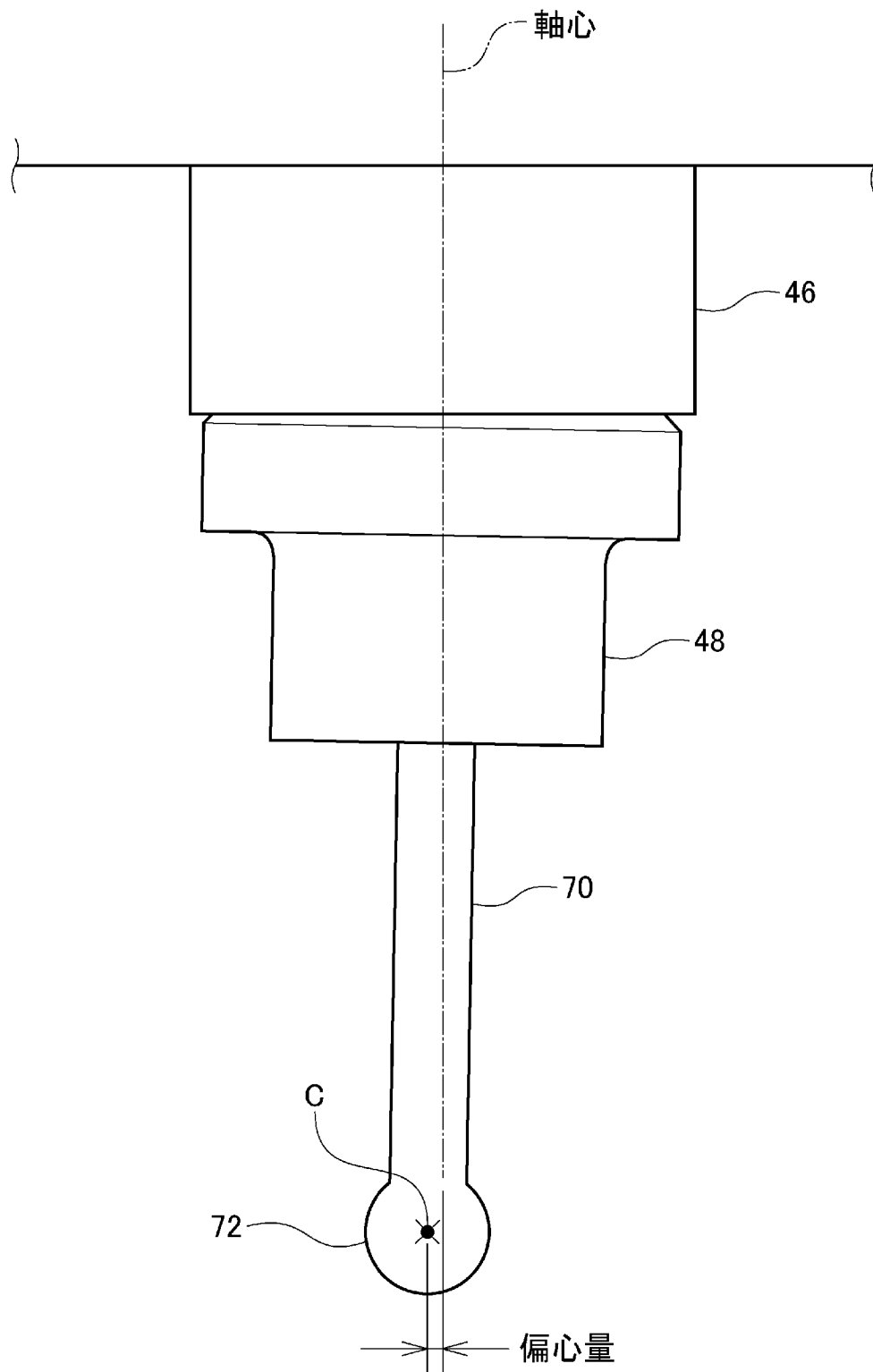
[図6]



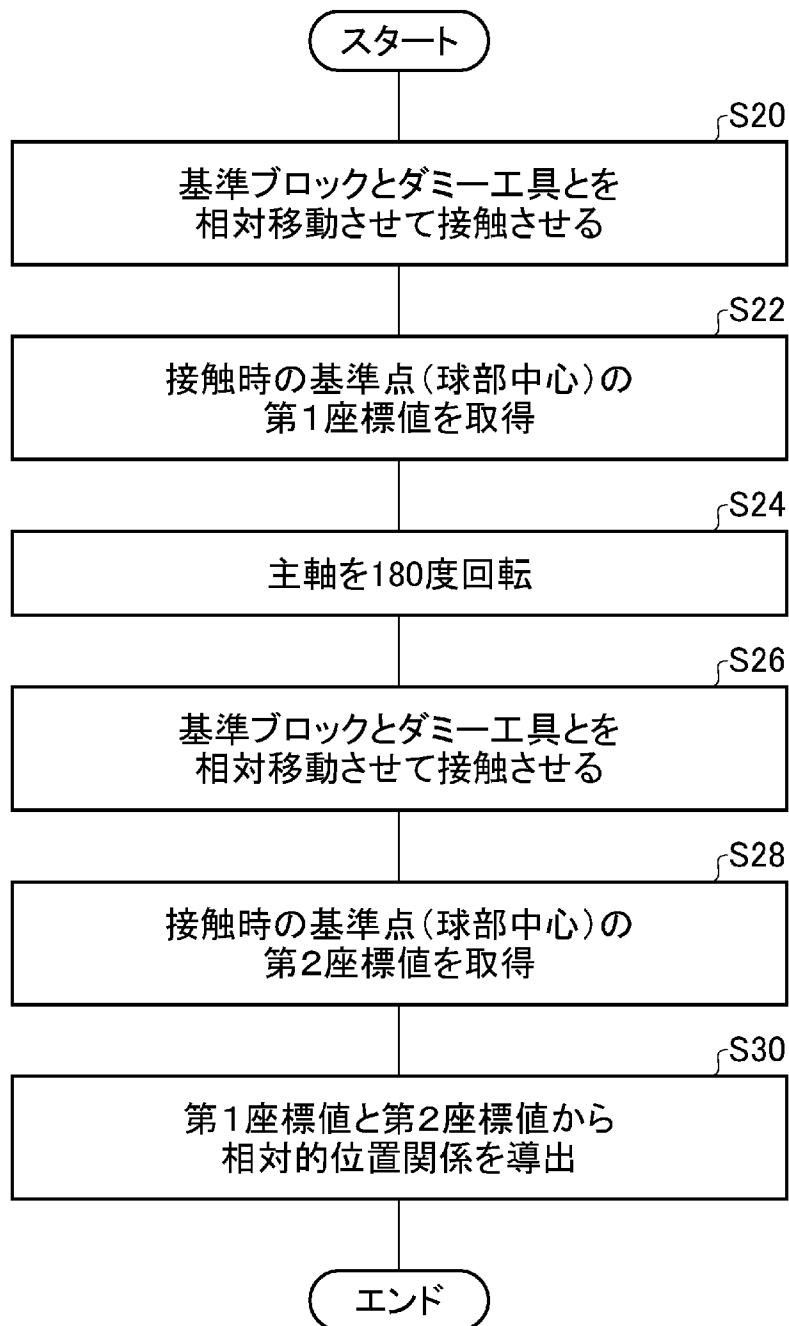
[図7]



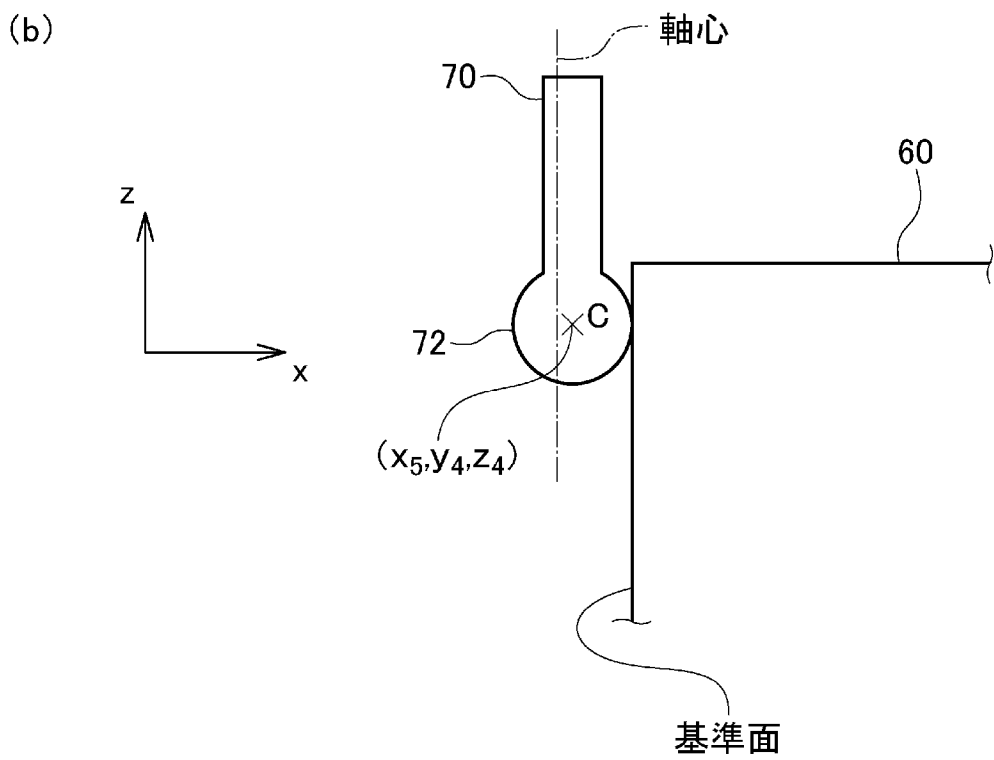
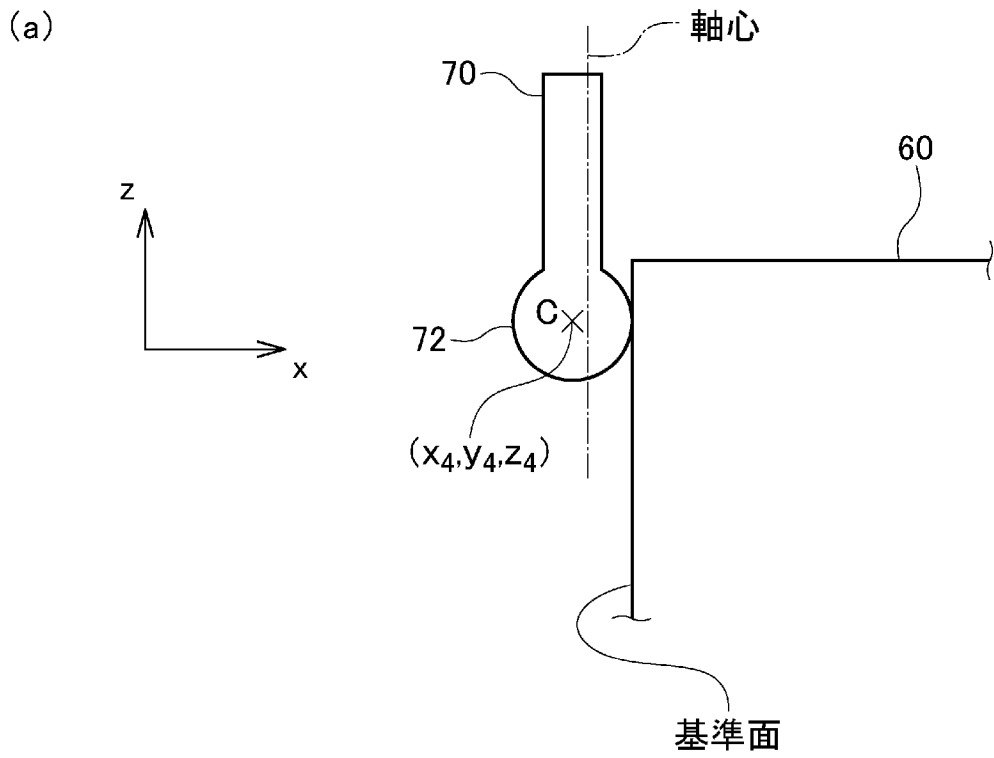
[図8]



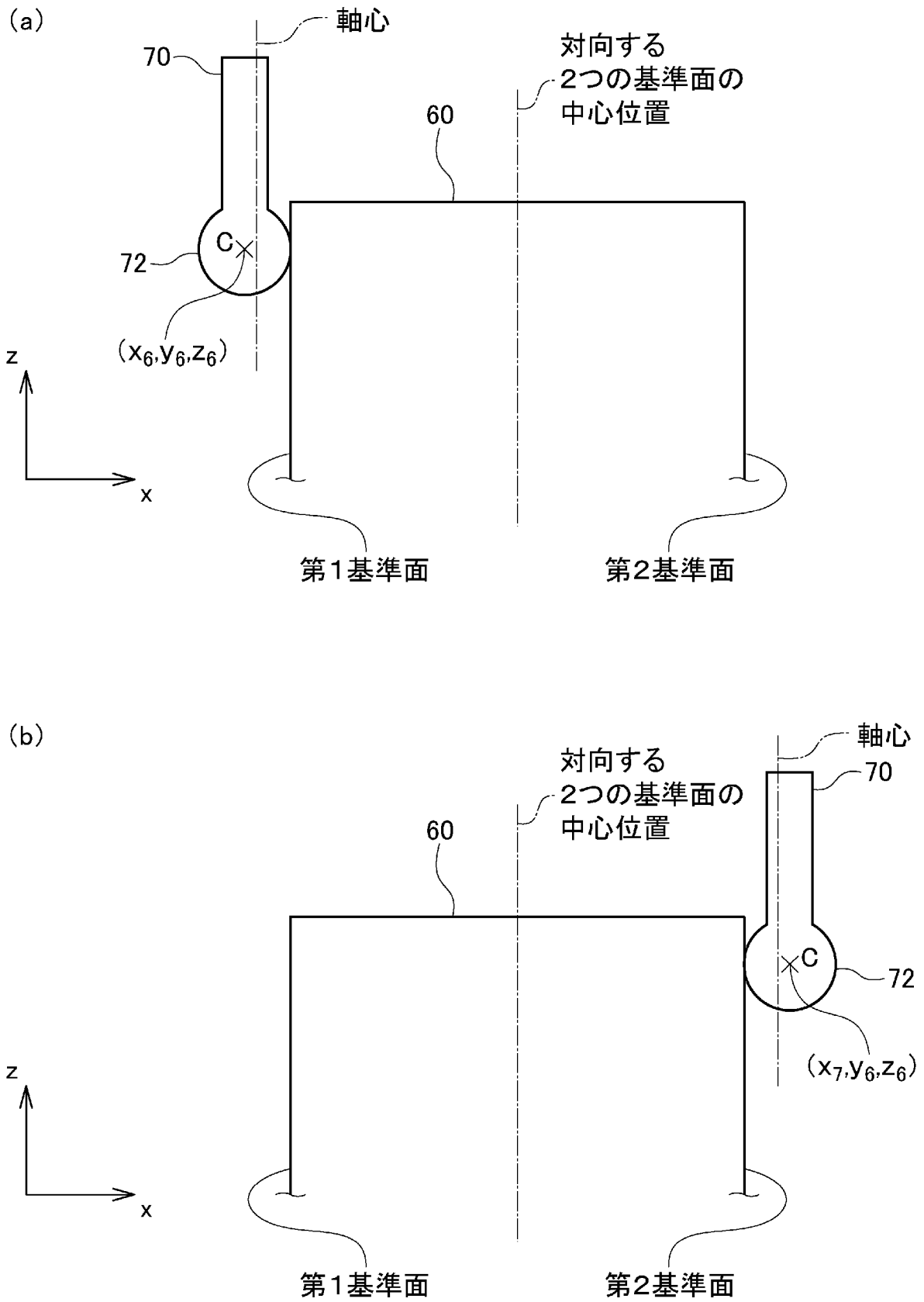
[図9]



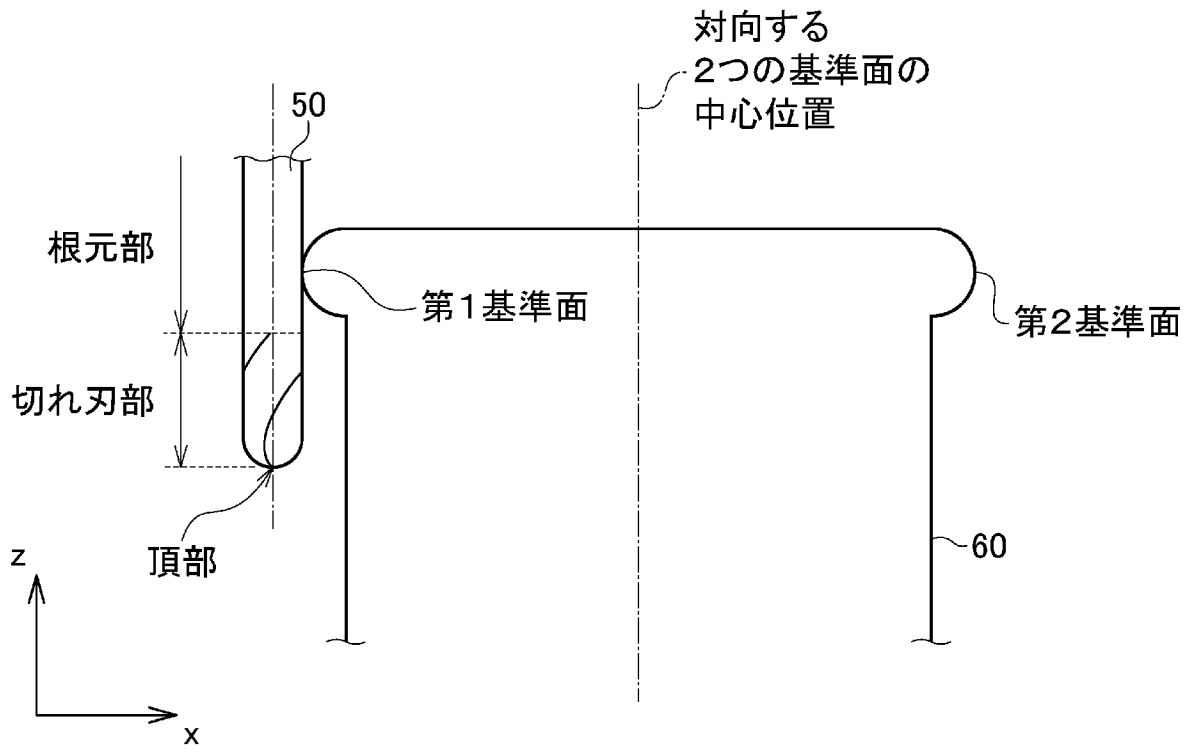
[図10]



[図11]



[図12]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/003461

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
 B23Q 17/22 (2006.01) i; B23Q 17/00 (2006.01) i
 FI: B23Q17/22 Z; B23Q17/00 A; B23Q17/22 A
 According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED
 Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
 B23Q17/22; B23Q17/00; B23B25/06; G01B5/004; G01B7/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Published examined utility model applications of Japan	1922-1996
Published unexamined utility model applications of Japan	1971-2021
Registered utility model specifications of Japan	1996-2021
Published registered utility model applications of Japan	1994-2021

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2020-196051 A (OKUMA CORPORATION) 10 December 2020 (2020-12-10) paragraphs [0009]-[0020], fig. 1-6	1-7, 9
Y	paragraphs [0009]-[0020], fig. 1-6	8
Y	JP 2002-120129 A (FUJI BELLOWS CO., LTD.) 23 April 2002 (2002-04-23) paragraphs [0002]-[0003], [0047]-[0048], fig. 11	8, 10-11
Y	JP 2008-105134 A (CITIZEN HOLDINGS CO., LTD.) 08 May 2008 (2008-05-08) paragraphs [0037]-[0040], fig. 5	8, 10-11
Y	JP 11-095821 A (MITSUBISHI ELECTRIC CORP.) 09 April 1999 (1999-04-09) paragraphs [0034], [0099]-[0100], fig. 5	10-11

Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance</p> <p>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"I" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&" document member of the same patent family</p>
---	---

Date of the actual completion of the international search 08 April 2021 (08.04.2021)	Date of mailing of the international search report 20 April 2021 (20.04.2021)
---	--

Name and mailing address of the ISA/ Japan Patent Office 3-4-3, Kasumigaseki, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8915, Japan	Authorized officer Telephone No.
--	---

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/003461

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2019-195869 A (DGSHAPE CORPORATION) 14 November 2019 (2019-11-14) paragraphs [0040]-[0075], fig. 2-4	1-11

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/003461

Box No. II Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of item 2 of first sheet)

This international search report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. Claims Nos.:
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:

2. Claims Nos.:
because they relate to parts of the international application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful international search can be carried out, specifically:

3. Claims Nos.:
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(a).

Box No. III Observations where unity of invention is lacking (Continuation of item 3 of first sheet)

This International Searching Authority found multiple inventions in this international application, as follows:
See extra sheet

1. As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers all searchable claims.
2. As all searchable claims could be searched without effort justifying additional fees, this Authority did not invite payment of additional fees.
3. As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this international search report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:

4. No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this international search report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

Remark on Protest

- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest and, where applicable, the payment of a protest fee.
- The additional search fees were accompanied by the applicant's protest but the applicable protest fee was not paid within the time limit specified in the invitation.
- No protest accompanied the payment of additional search fees.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/JP2021/003461

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
JP 2020-196051 A	10 Dec. 2020	US 2020/0378738 A1 paragraphs [0026]- [0067], fig. 1-6 DE 102020206719 A1 CN 112008496 A	
JP 2002-120129 A	23 Apr. 2002	US 2002/0197122 A1 paragraphs [0004]- [0005], [0203]- [0204], fig. 10 EP 1197819 A2	
JP 2008-105134 A	08 May 2008	(Family: none)	
JP 11-095821 A	09 Apr. 1999	EP 903198 A2 paragraphs [0020], [0069]-[0070], fig. 5	
JP 2019-195869 A	14 Nov. 2019	US 2019/0346832 A1 paragraphs [0034]- [0058], fig. 1-4 EP 3566809 A1	

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2021/003461

<Continuation of Box No. III>

Document 1: JP 2020-196051 A (OKUMA CORPORATION) 10 December 2020 (2020-12-10) paragraphs [0009]-[0020], fig. 1-6 & US 2020/0378738 A1, paragraphs [0009]-[0020], fig. 1-6 & DE 102020206719 A1 & CN 112008496 A

Claims are classified into the two inventions below.

(Invention 1) Claims 1-9

Document 1 discloses a "position measurement method and a position measurement system in which a touch probe 7 having a stylus ball provided to a lower end thereof is attached to a main shaft 6 of a machining center M; two measurement surfaces on an inner surface of a hole of an object W is set in coordinates Xa, and Xb on an X axis; center coordinates Xa1', Xa2', Xb1', and Xb2' of the main shaft 6 when the stylus ball of the touch probe 7 comes into contact with each of the surfaces is measured in a state where rotation angles of the main shaft 6 are different from each other by 180°; and the Xa coordinate, the Xb coordinate, and a center coordinate CX of Xa and Xb, and the like is calculated (refer to paragraphs [0009]-[0020], fig. 1-6), claims 1-3, 5-6, and 9 lack novelty in light of document 1, and thus do not have a special technical feature.

However, claim 4 dependent on claim 1 has the special technical feature of "calculating an average value of a plurality of coordinate values and a positional relationship relative to a reference surface," and claims 7-8 also has the technical feature identical to claim 4.

Therefore, claims 1-9 are classified as invention 1.

(Invention 2) Claims 10-11

It cannot be said that claims 10-11 have the special technical feature identical or corresponding to claim 4 classified as invention 1.

Claims 10-11 are not substantially identical or equivalent to any of the claims classified as invention 1.

Therefore, claims 10-11 cannot be classified as invention 1.

Claims 10-11 have the special technical feature in which "any one of an object or a tool is moved along a first path so that the object and the tool are not brought into contact with each other, and then a first detection value for control of a motor included in a transfer mechanism is acquired at a plurality of positions of the first path; any one of the object or the tool is moved along a second path parallel with the first path to bring the object into contact with the tool, and then a second detection value for the control of the motor included in the transfer mechanism is acquired at a plurality of positions of the second path; and a difference value between the first detection value and the second detection value is calculated," and are thus classified as invention 2.

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（IPC）） B23Q 17/22(2006.01)i; B23Q 17/00(2006.01)i FI: B23Q17/22 Z; B23Q17/00 A; B23Q17/22 A		
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（IPC）） B23Q17/22; B23Q17/00; B23B25/06; G01B5/004; G01B7/00 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2021年 日本国実用新案登録公報 1996-2021年 日本国登録実用新案公報 1994-2021年		
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語）		
C. 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
X	JP 2020-196051 A（オークマ株式会社）10.12.2020（2020-12-10） 段落[0009]-[0020], 図1-6	1-7, 9
Y	段落[0009]-[0020], 図1-6	8
Y	JP 2002-120129 A（富士精工株式会社）23.04.2002（2002-04-23） 段落[0002]-[0003], [0047]-[0048], 図11	8, 10-11
Y	JP 2008-105134 A（シチズンホールディングス株式会社）08.05.2008（2008-05-08） 段落[0037]-[0040], 図5	8, 10-11
Y	JP 11-095821 A（三菱電機株式会社）09.04.1999（1999-04-09） 段落[0034], [0099]-[0100], 図5	10-11
A	JP 2019-195869 A（D G S H A P E株式会社）14.11.2019（2019-11-14） 段落[0040]-[0075], 図2-4	1-11
<input type="checkbox"/> C欄の続きにも文献が列挙されている。 <input checked="" type="checkbox"/> パテントファミリーに関する別紙を参照。		
* 引用文献のカテゴリー “A” 特に関連のある文献ではなく、一般的な技術水準を示すもの “E” 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの “L” 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） “O” 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 “P” 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願の日の後に公表された文献 “T” 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と抵触するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの “X” 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの “Y” 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの “&” 同一パテントファミリー文献		
国際調査を完了した日	国際調査報告の発送日	
08.04.2021	20.04.2021	
名称及びあて先 日本国特許庁(ISA/JP) 〒100-8915 日本国 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号	権限のある職員（特許庁審査官） 小川 真 3C 3934 電話番号 03-3581-1101 内線 3324	

第III欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

次に述べるようにこの国際出願に二以上の発明があるとこの国際調査機関は認めた。

文献1：JP 2020-196051 A（オークマ株式会社）
10.12.2020(2020-12-10)，段落 [0009]-[0020]，図1-6
& US 2020/0378738 A1，段落 [0009]-[0020]，FIGs.1-6
& DE 102020206719 A1 & CN 112008496 A

請求の範囲は、以下の2つの発明に区分される。

（発明1） 請求項1-9

文献1には「マシニングセンタMの主軸6に、下端にスタイラス球を有するタッチプローブ7を装着し、X軸上の座標X a、X bにおいて、対象物Wの穴の内面における2箇所の計測面を設定し、主軸6の回転角度が互いに180°異なる状態で、プローブ7のスタイラス球が計測面に対してそれぞれ接触する際の主軸6の中心座標X a 1'、X a 2'、X b 1'、X b 2'を測定し、X a座標、X b座標、及び、X aとX bとの中心座標C X等を算出する、位置計測方法及び位置計測システム」が記載されており（段落 [0009]-[0020]，図1-6参照）、請求項1-3、5-6、9は、文献1により新規性が欠如しているため、特別な技術的特徴を有しない。

しかしながら、請求項1の従属請求項である請求項4は、「複数の座標値の平均値と、基準面との相対的な位置関係を導出する」という特別な技術的特徴を有しており、請求項7-8も、請求項4と同一の特別な技術的特徴を有している。

したがって、請求項1-9を発明1に区分する。

（発明2） 請求項10-11

請求項10-11は、発明1に区分された請求項4と、同一の又は対応する特別な技術的特徴を有しているとはいえない。

さらに、請求項10-11は、発明1に区分されたいずれの請求項に対しても実質同一又はそれに準ずる関係にはない。

したがって、請求項10-11は発明1に区分できない。

そして、請求項10-11は、「物体と前記道具とが接触しないように、物体または道具の一方を第1経路に沿って移動させて、第1経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第1検出値を取得し、物体または道具の一方を、第1経路に平行な第2経路に沿って移動させて物体と道具とを接触させ、第2経路における複数の位置で、送り機構に含まれるモータの制御に関する第2検出値を取得し、第1検出値と第2検出値の差分値を導出する」という特別な技術的特徴を有しているため、発明2に区分する。

第Ⅲ欄 発明の単一性が欠如しているときの意見（第1ページの3の続き）

1. 出願人が必要な追加調査手数料をすべて期間内に納付したので、この国際調査報告は、すべての調査可能な請求項について作成した。
2. 追加調査手数料を要求するまでもなく、すべての調査可能な請求項について調査することができたので、追加調査手数料の納付を求めなかった。
3. 出願人が必要な追加調査手数料を一部のみしか期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、手数料の納付のあった次の請求項のみについて作成した。
4. 出願人が必要な追加調査手数料を期間内に納付しなかったので、この国際調査報告は、請求の範囲の最初に記載されている発明に係る次の請求項について作成した。

追加調査手数料の異議の
申立てに関する注意

- 追加調査手数料及び、該当する場合には、異議申立手数料の納付と共に、出願人から異議申立てがあった。
- 追加調査手数料の納付と共に出願人から異議申立てがあったが、異議申立手数料が納付命令書に示した期間内に支払われなかった。
- 追加調査手数料の納付はあったが、異議申立てはなかった。

国際調査報告
 パテントファミリーに関する情報

国際出願番号

PCT/JP2021/003461

引用文献	公表日	パテントファミリー文献	公表日
JP 2020-196051 A	10.12.2020	US 2020/0378738 A1 段落 [0026]-[0067], FIGs. 1-6 DE 102020206719 A1 CN 112008496 A	
JP 2002-120129 A	23.04.2002	US 2002/0197122 A1 段落[0004]-[0005], [0203]- [0204], FIG. 10 EP 1197819 A2	
JP 2008-105134 A	08.05.2008	(ファミリーなし)	
JP 11-095821 A	09.04.1999	EP 903198 A2 段落[0020], [0069]-[0070], FIG. 5	
JP 2019-195869 A	14.11.2019	US 2019/0346832 A1 段落[0034]-[0058], FIGs. 1- 4 EP 3566809 A1	